

Melhoria da eficiência energética de um dry cooler através da otimização da configuração do sistema de ventilação e da seleção de materiais.

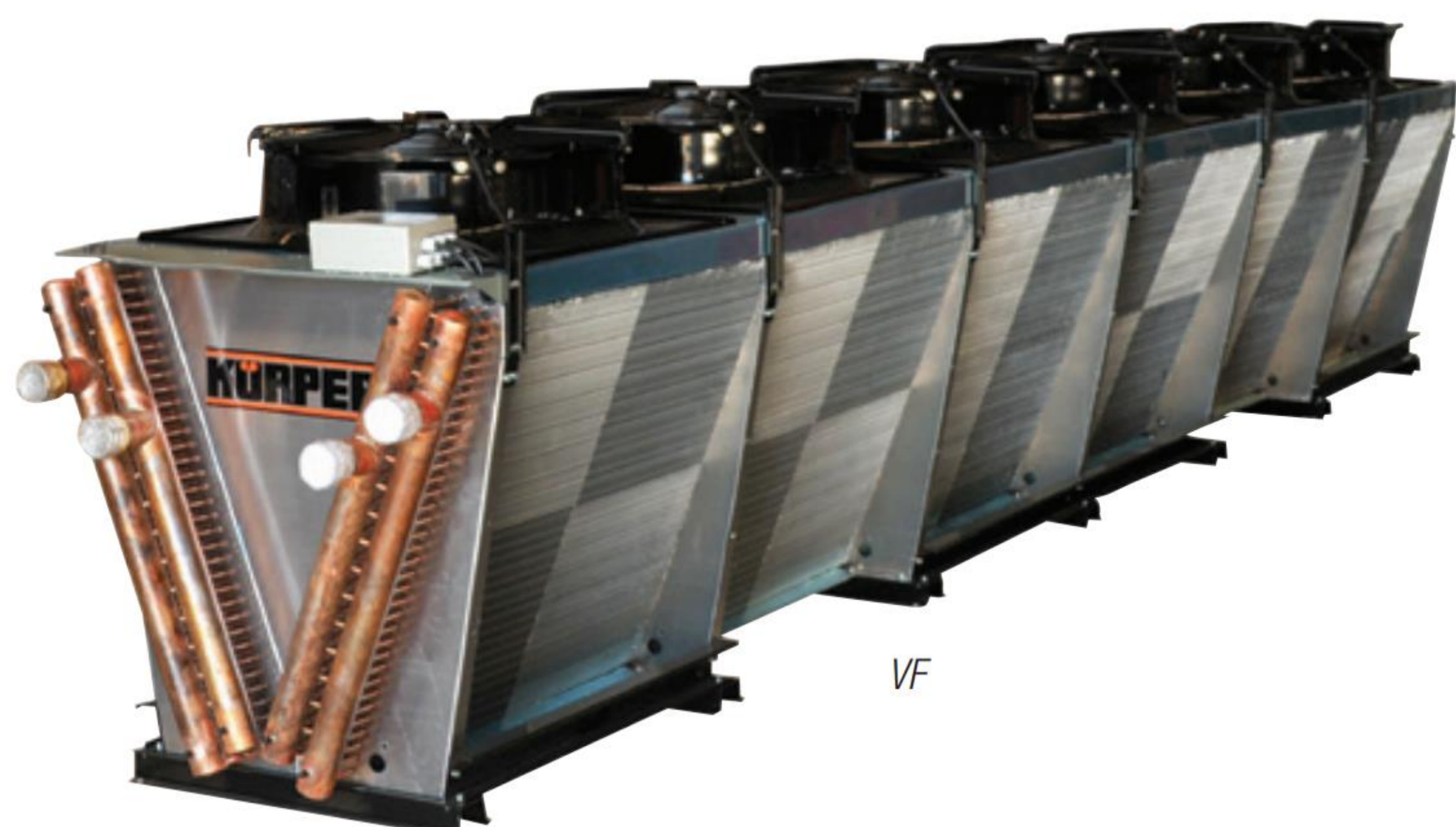


Contextualização

O dry cooler é um equipamento muito utilizado em processos industriais que necessitam de resfriamento de fluidos, como em sistemas de refrigeração, trocadores de calor, processos químicos, entre outros. Este é uma alternativa vantajosa a torres de resfriamento quando se trata de economia e qualidade da água resfriada, uma vez que ele opera em sistema fechado, reduzindo os riscos de contaminação do fluido e manutenção. Neste trabalho, foi realizado um estudo baseado na modelagem matemática dos processos presentes no sistema, além de simulações computacionais, de forma a se comparar e equiparar o sistema de dry cooling com o sistema aberto de uma torre de resfriamento, tentando absorver suas vantagens, enquanto mantém-se a essência do sistema fechado como prioridade. Além disso, são estudados os materiais empregados em sua composição a fim de se contribuir com o objetivo mencionado, focando em reduzir o custo total do projeto e se desenvolver um equipamento que esteja alinhado com importantes pautas da atualidade, sendo essa de sustentabilidade. Os resultados do estudo mostram que é possível desenvolver um produto que possa atender a proposta da economia e sustentabilidade, enquanto se prioriza a inovação e viabilidade valorizadas, a partir da otimização de alguns parâmetros específicos que afetam seu funcionamento.

Problema

Apesar das vantagens mencionadas, a limitação desse tipo de equipamento é a utilização do ar-ambiente e sua dependência para resfriamento do líquido. Quando comparados diretamente, as torres de resfriamento podem alcançar temperaturas mais baixas devido ao processo de evaporação, o que as torna um equipamento de maior capacidade de resfriamento. Os Dry Coolers são mais sensíveis às condições climáticas, uma vez que a eficiência do resfriamento depende diretamente da temperatura e umidade do ar ambiente, variando com base na região de operação.



Fonte: Korper, 2021

Objetivo

O objetivo geral do trabalho consiste em projetar um dry cooler mais eficiente que os disponíveis no mercado, através da otimização da configuração do sistema de ventilação e da seleção de materiais, considerando possíveis adições que possam aumentar sua capacidade de refrigeração, enquanto mantém-se a economia de água e viabilidade econômica estáveis.

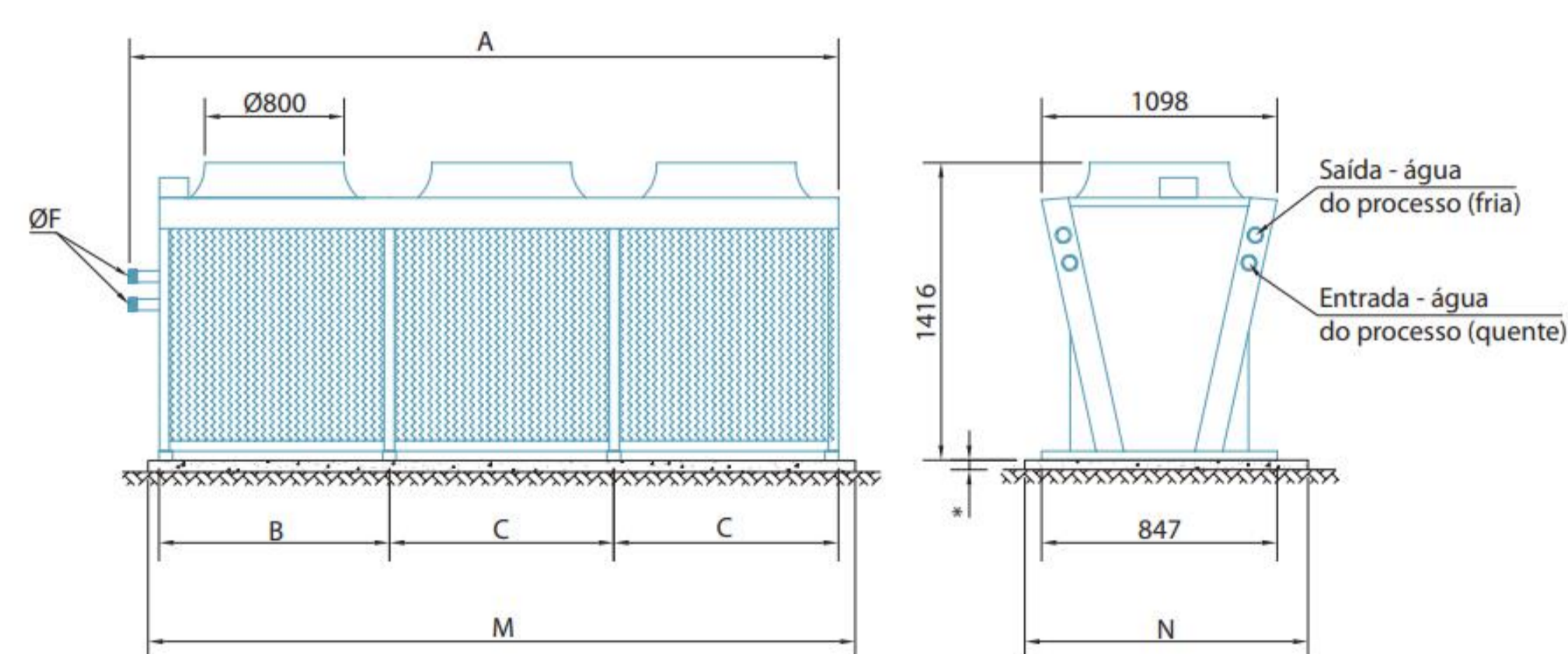
Metodologia

O projeto terá como foco a análise do sistema do equipamento em simulações computacionais e em testes experimentais, através dos softwares ANSYS e EES (Engineering Equation Solver), onde o primeiro tem como objetivo estabelecer e controlar o fluxo de ar, fluxo de água e formato da serpentina ao longo da simulação, e o segundo, a determinação dos parâmetros ideais na otimização da eficiência do dry cooler, no qual será aplicada a modelagem paramétrica de todo o processo, bem como ferramentas para simulação, assim, comparando diretamente o modelo desenvolvido com o modelo de referência, de forma a alcançar os objetivos propostos neste projeto.

Modelo Referência

Para modelo de referência foi utilizado um dry cooler da marca Korper da série VF, com capacidades nominais de vazão de água de 10 m³/h. Os resfriadores a ar Série FCA VF funcionam com baixíssimo consumo de água, são ecologicamente corretos por não gerarem efluentes que possam contaminar o meio ambiente e dispensam o tratamento químico da água, estando alinhados com nossos objetivos.

Série VF



Fonte: Korper, 2023

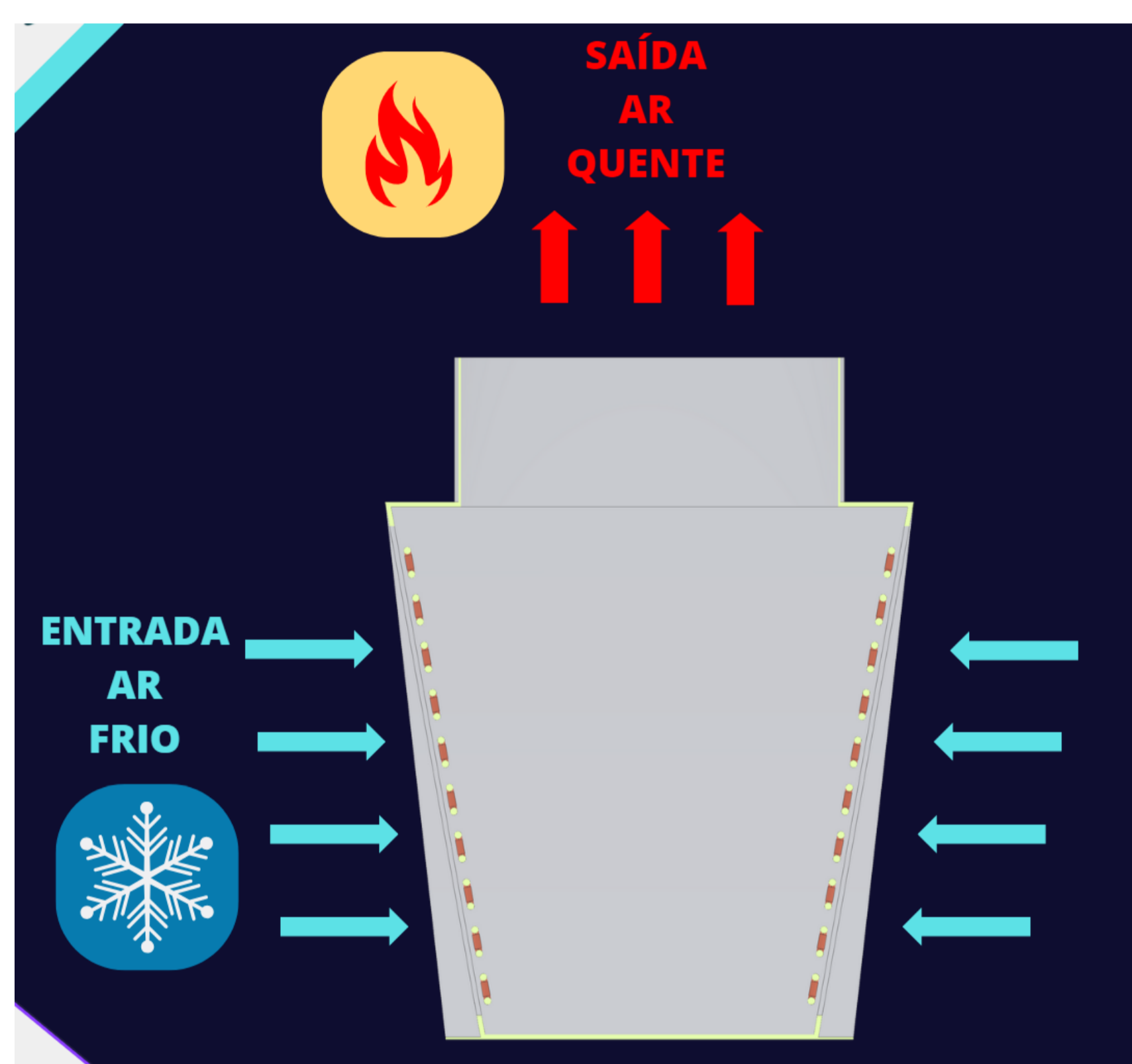


Melhoria da eficiência energética de um dry cooler através da otimização da configuração do sistema de ventilação e da seleção de materiais.



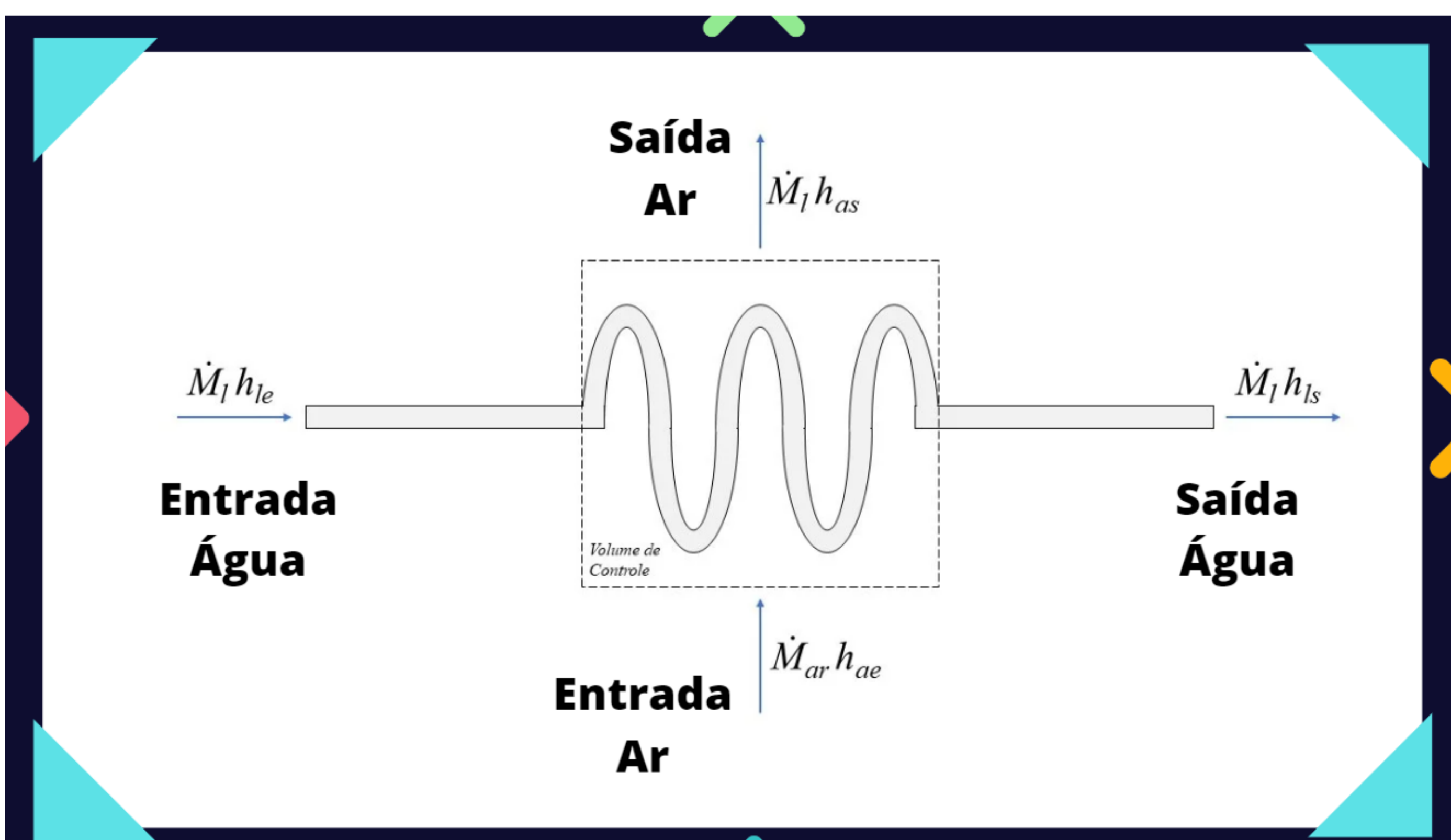
Modelagem do Sistema

A modelagem matemática do sistema pode ser feita a partir da análise do projeto do trocador de calor em seu interior. Enquanto uma torre de arrefecimento convencional pode ser considerada um trocador de calor de contato direto, no qual a água entra em contato direto com o fluxo de ar, o Dry Cooler, por ser um sistema fechado, é classificado como um recuperador, tendo seus fluidos separados por uma parede, onde as trocas de calor ocorrem através de uma combinação de convecção e condução. Para o início da análise é necessário isolar o sistema em questão em um volume de controle. Para tal, pode-se considerar apenas a região da serpentina, dentro da qual está o fluxo do líquido, onde ocorre a troca de calor.



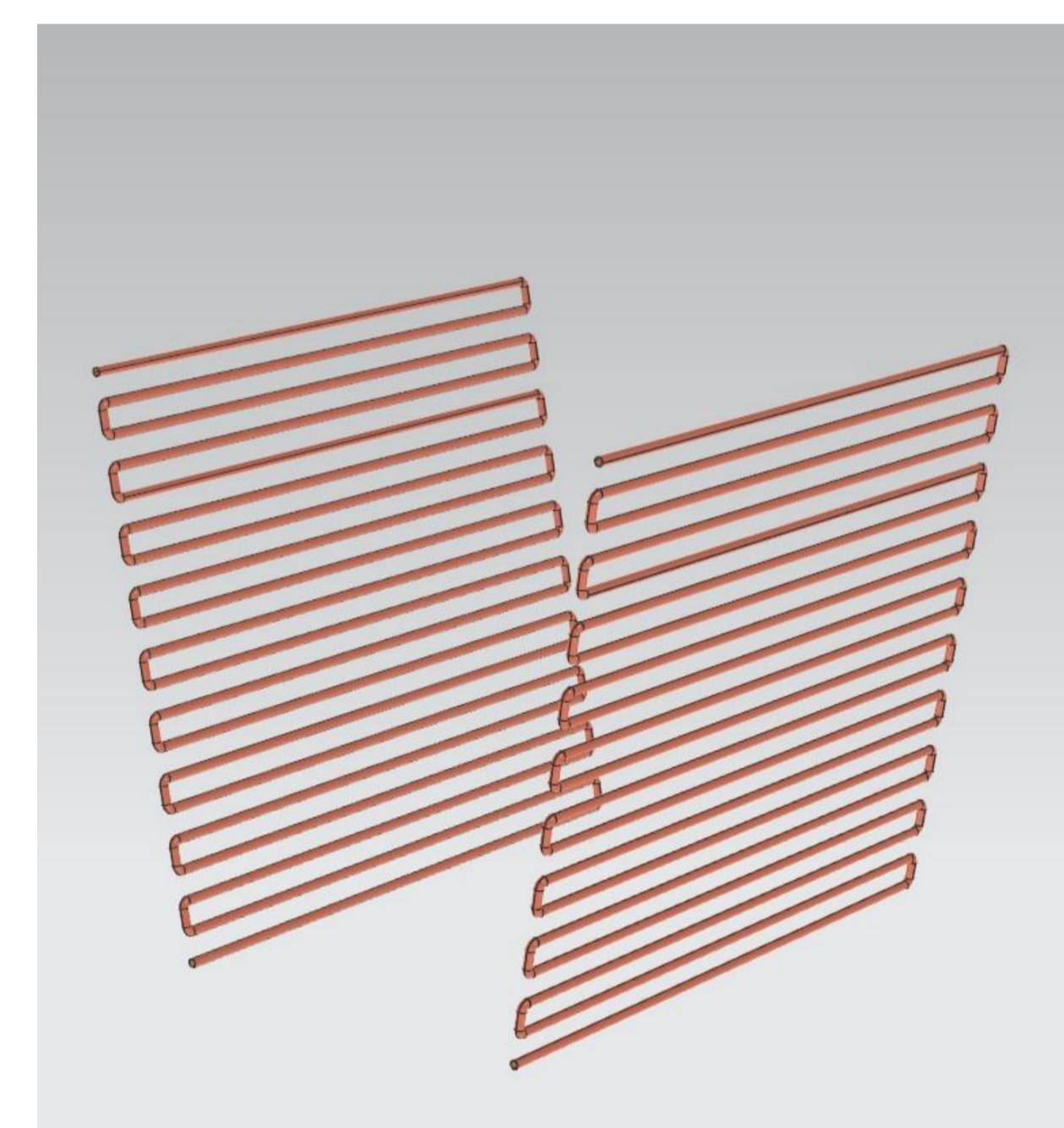
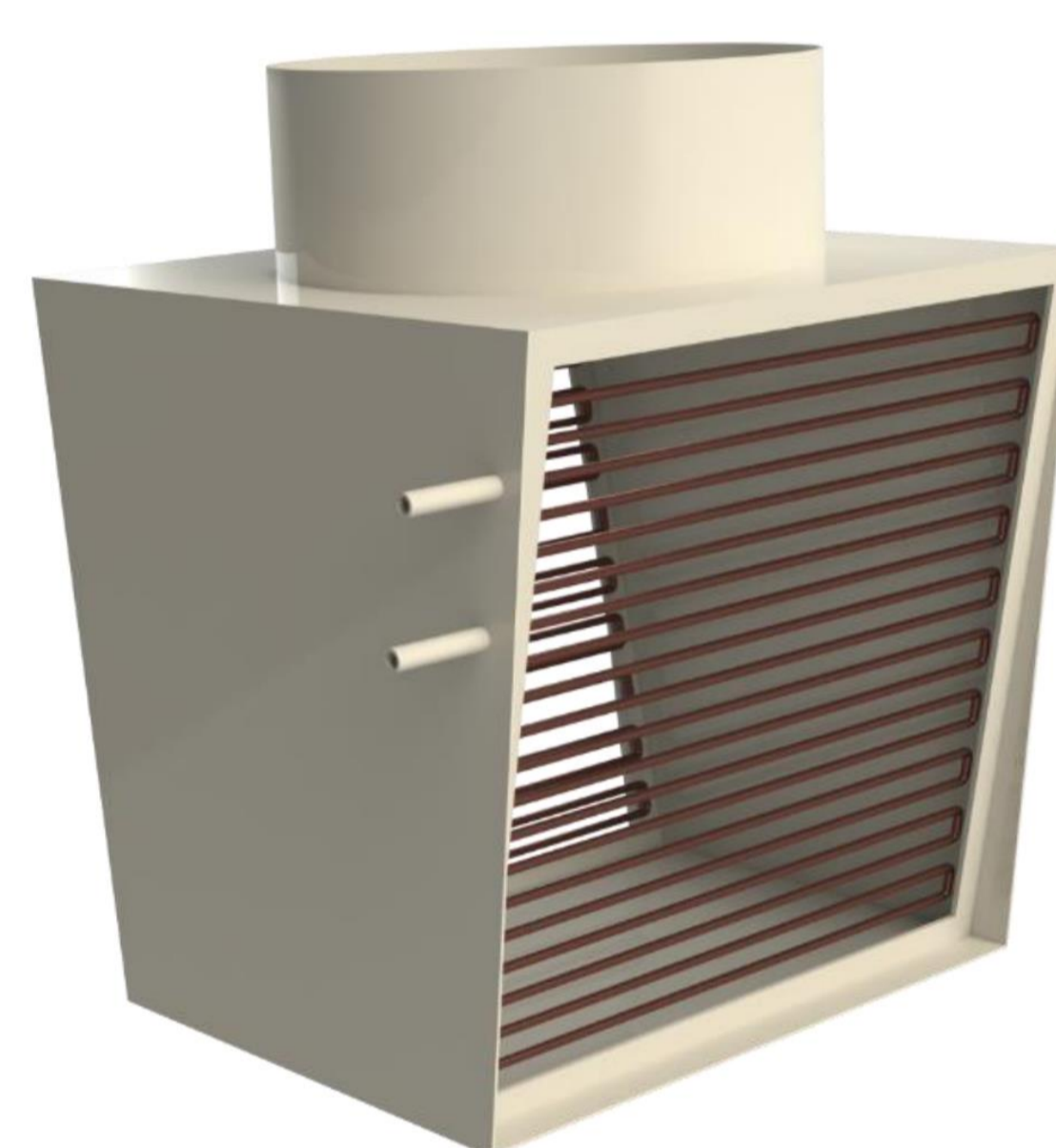
Para compreender de que maneira o desempenho do sistema responde à diferentes condições de contorno, foram estudados os seguintes parâmetros de controle:

- (a) Diâmetro externo dos tubos;
- (b) Espessura dos tubos;
- (c) Comprimento total da tubulação;
- (d) Vazão mássica de ar;
- (e) Condutividade térmica do material dos tubos



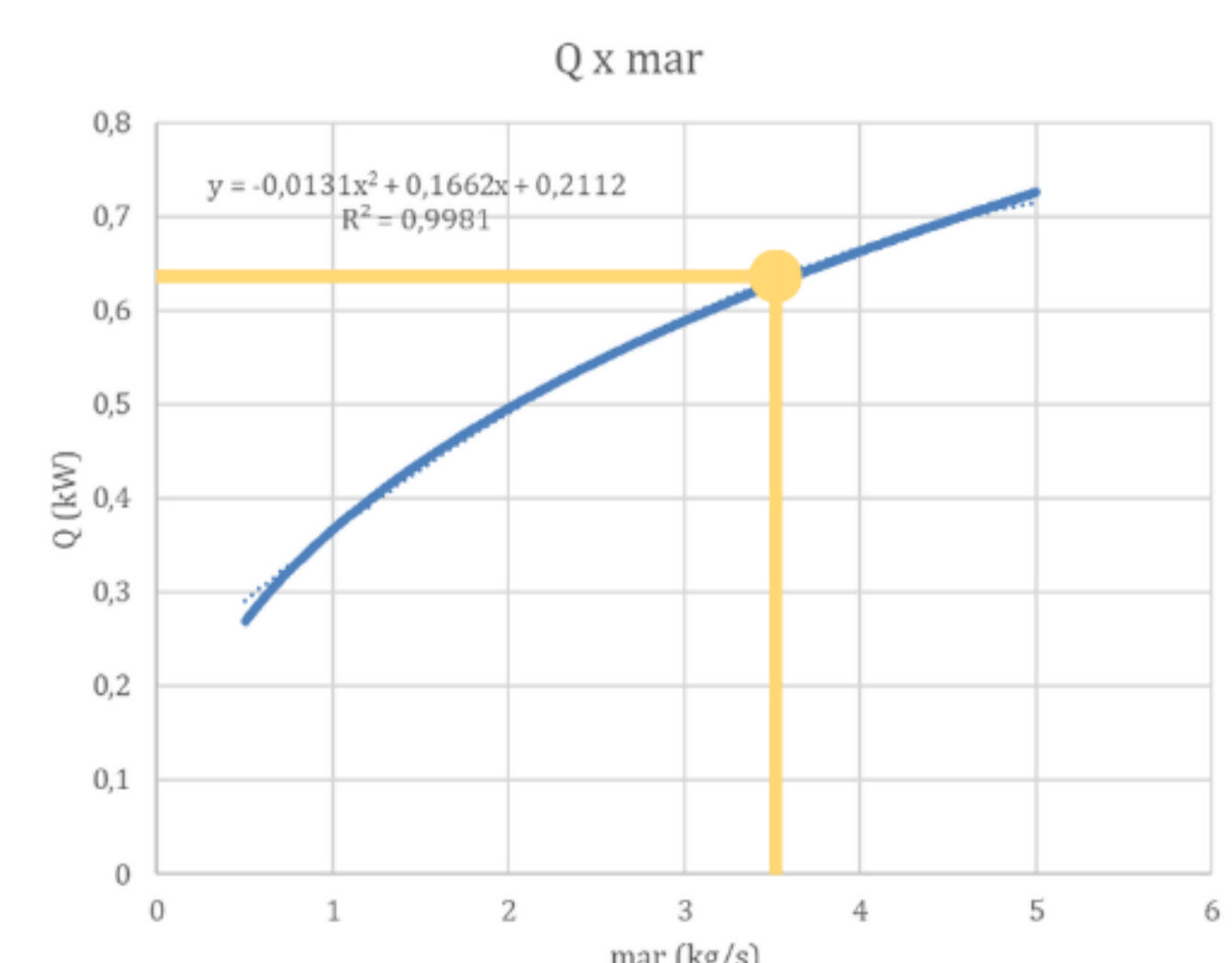
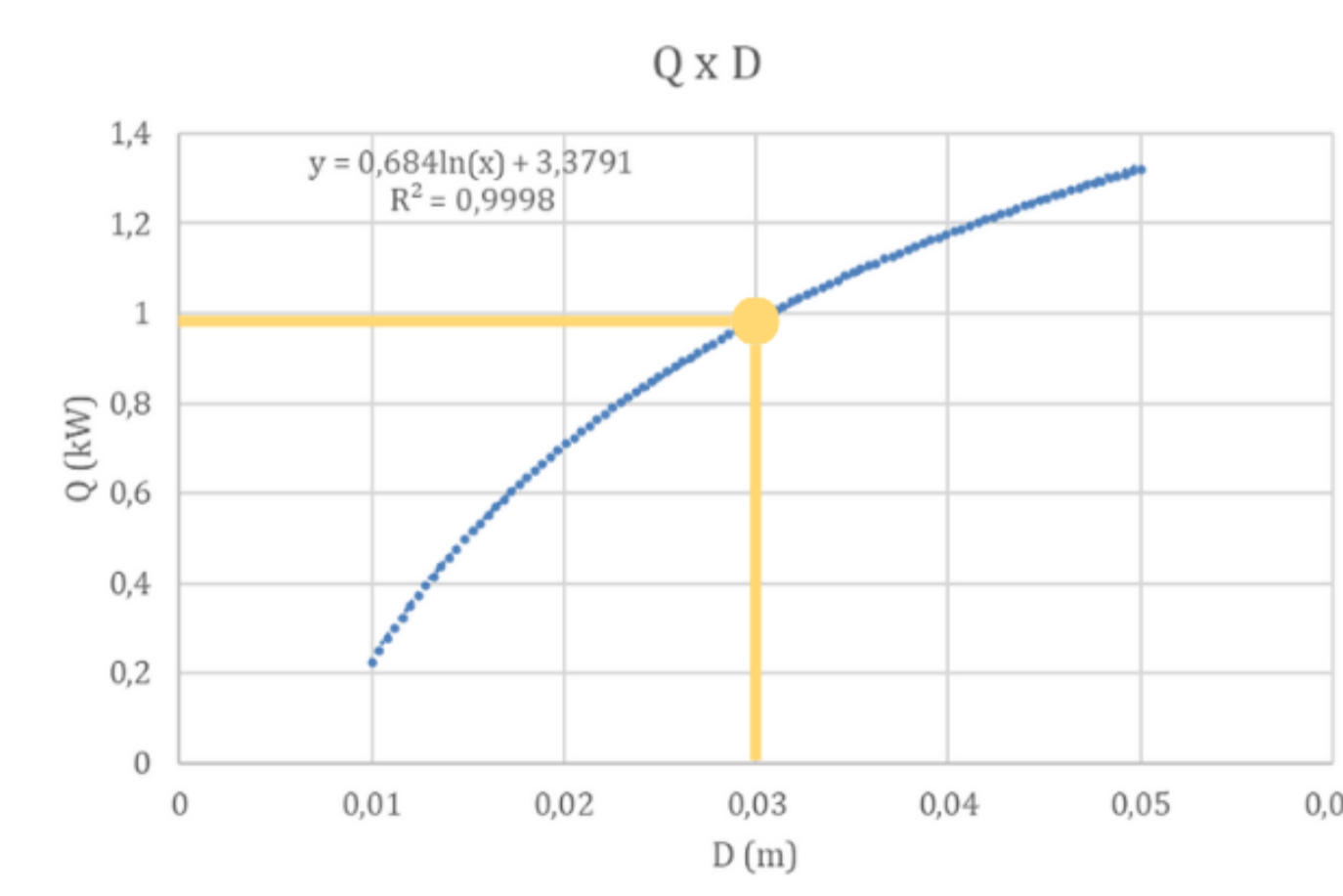
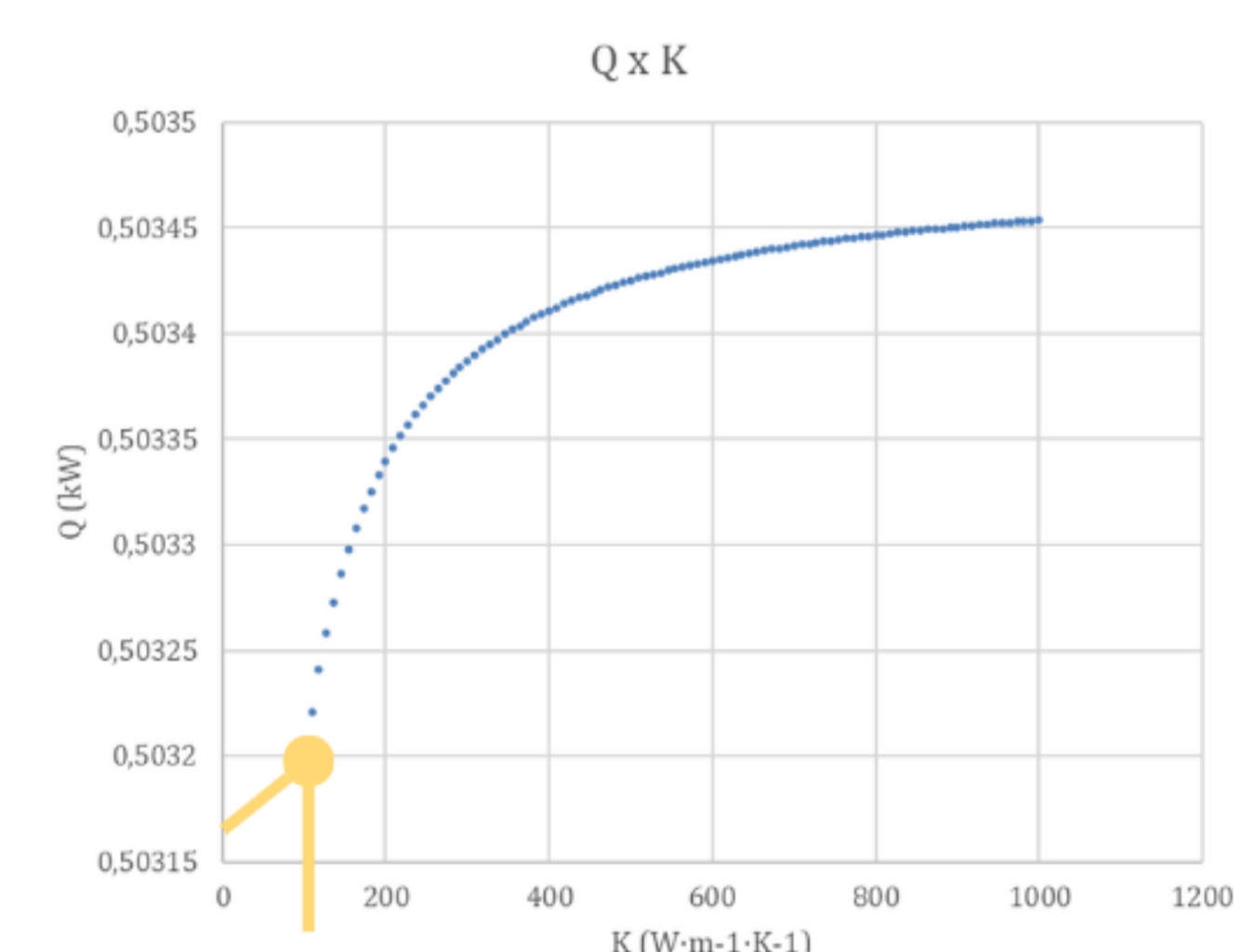
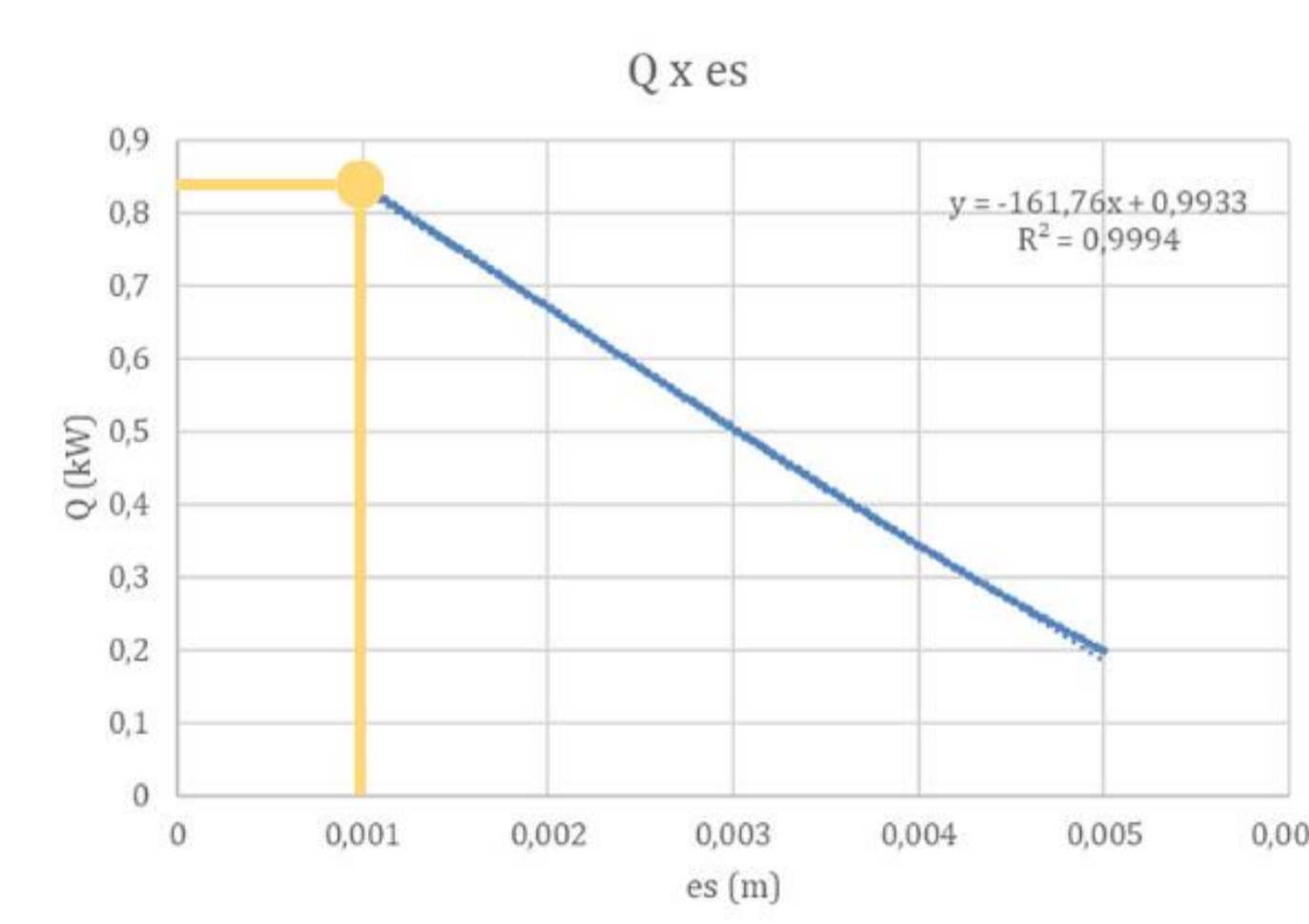
Simulações

A primeira validação do sistema foi feita no software Ansys Fluent. Desenvolvendo um modelo simplificado do Dry Cooler mencionado anteriormente com suas principais condições de contorno, foi transferida a geometria criada de forma a se estabelecer e controlar o fluxo de ar, fluxo de água e formato da serpentina ao longo da simulação.



Resultados

Definidos os métodos, é possível obter o comportamento do desempenho do sistema variando os parâmetros de controle do sistema definidos anteriormente e estabelecer os valores ideais para estes parâmetros tendo em vista os critérios e objetivos estabelecidos no estudo.



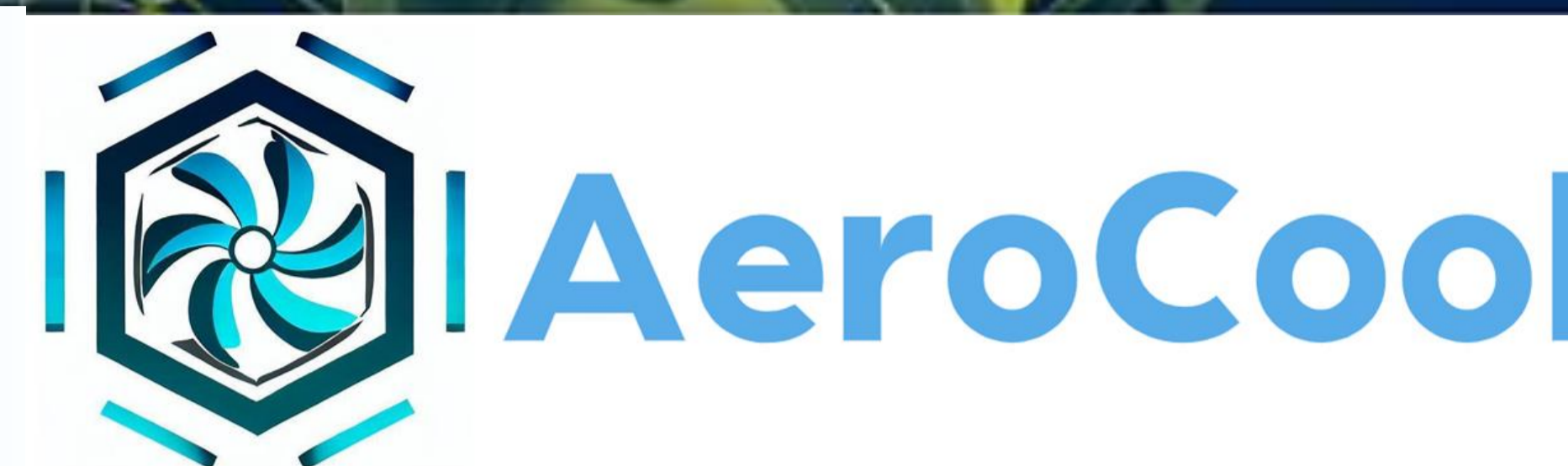
ENGENHARIA MECÂNICA PLENA

Alunos: Guilherme Santos do Nascimento
Leandro Vieira de Moraes Agapito
Rafael Luporini de Campos

Orientador: Prof. Dr. Cyro Albuquerque Neto – cyroan@fei.edu.br

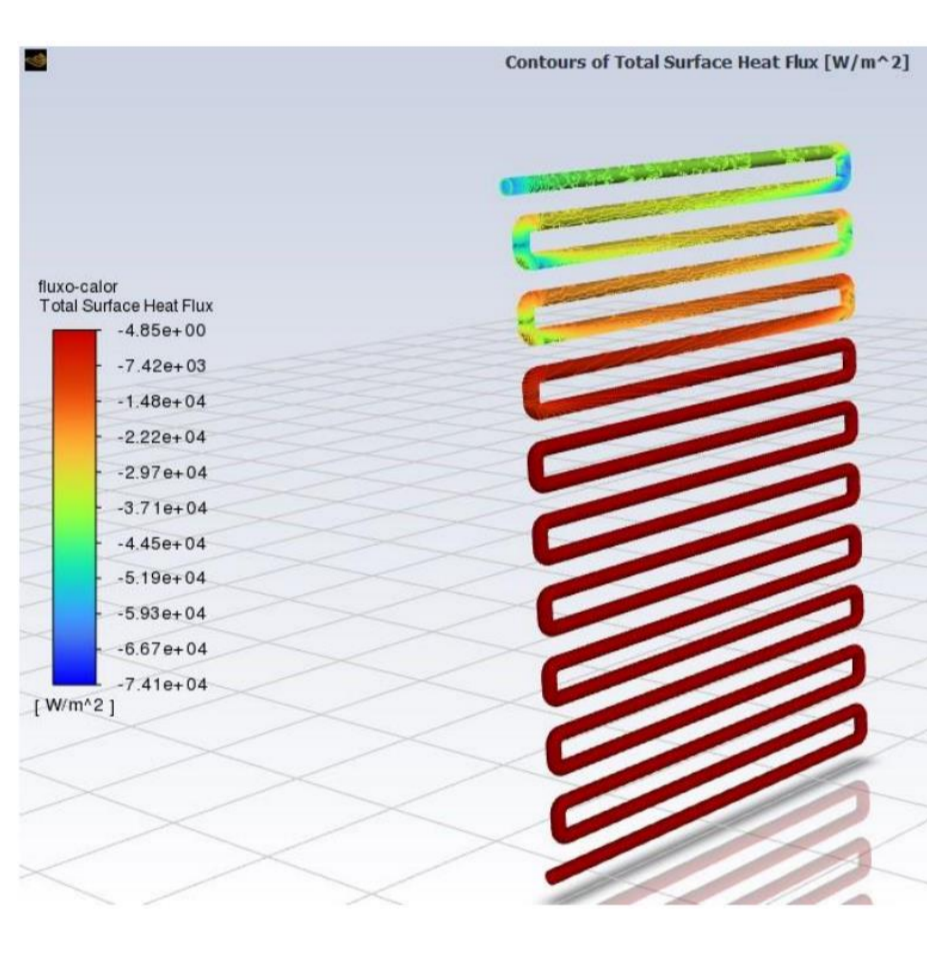
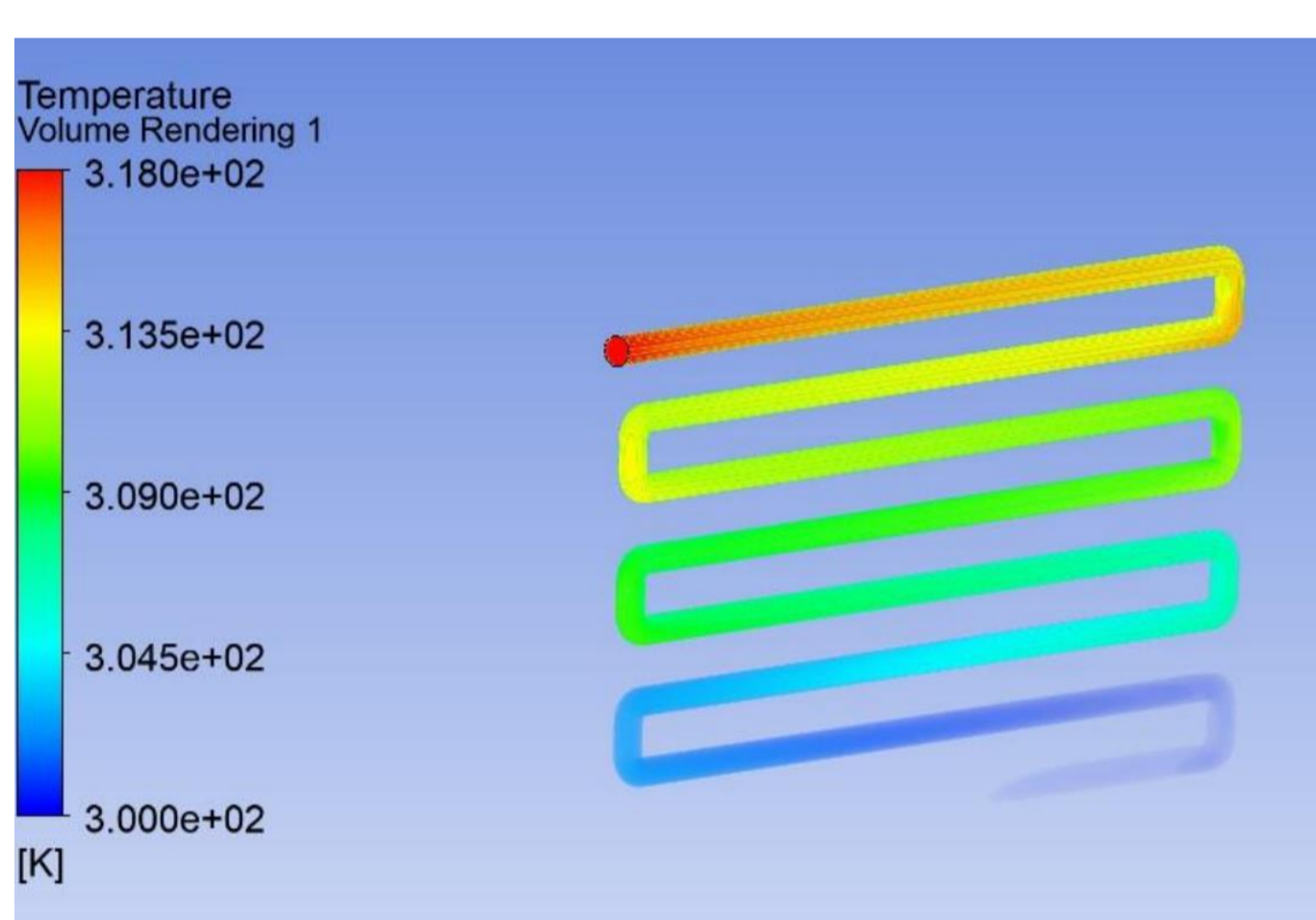
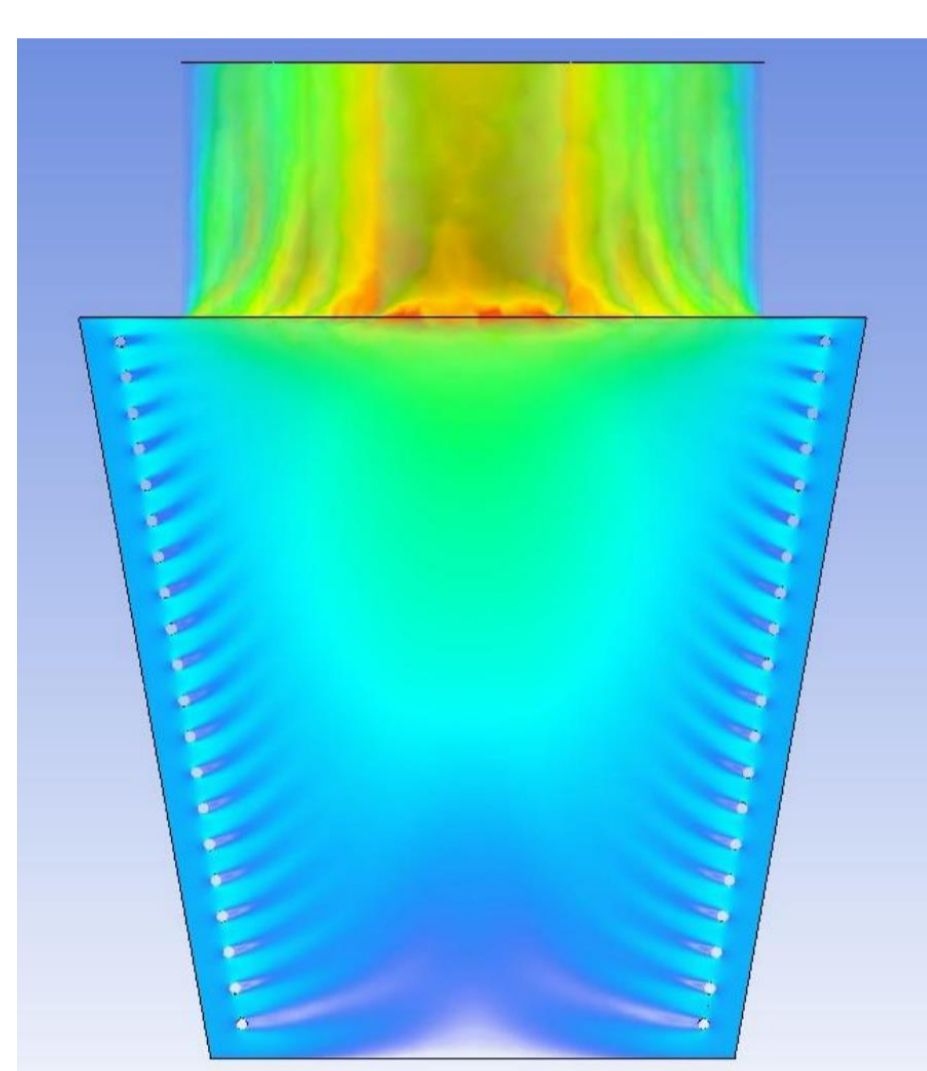
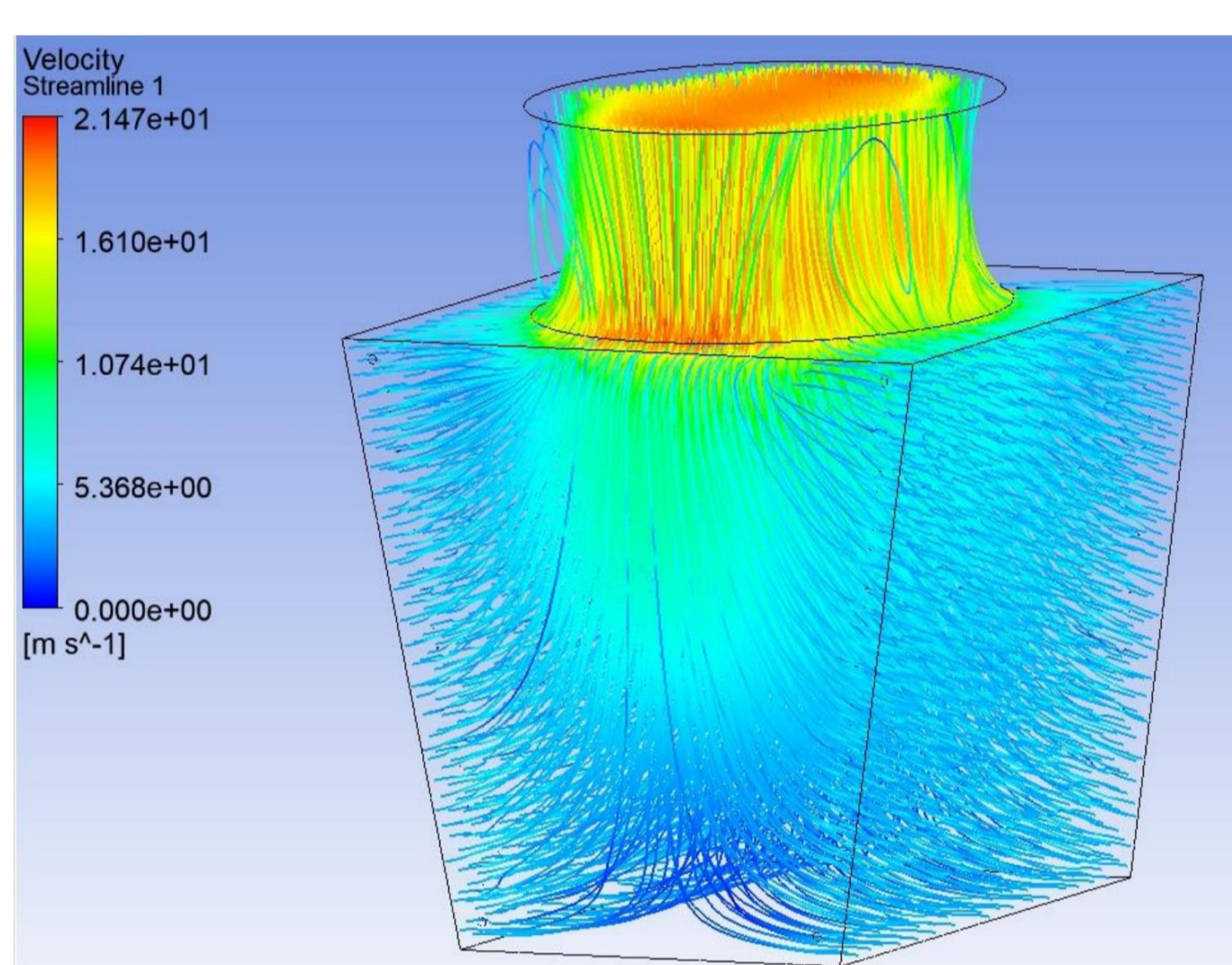


Melhoria da eficiência energética de um dry cooler através da otimização da configuração do sistema de ventilação e da seleção de materiais.



Resultados

A validação do comportamento do sistema apresentado pela modelagem numérica via Engineering Equation Solver pode ser realizada através da simulação realizada através do ANSYS.



Comparação - Efetividade

É possível utilizar o método da Efetividade para a análise de desempenho e comparação dos equipamentos

EES	Modelo Referência	Modelo Ideal
Calor total trocado (kW)	0,503	1,275
Troca máxima possível (kW)	3,037	3,037
Efetividade (%)	16,6	42,0

Comparação - ANSYS

Através das simulações realizadas com o software ANSYS, foi possível alcançar um aumento de 39% na taxa de transferência de calor no domínio do ar, e um aumento de 13,5% na taxa de transferência de calor no domínio da água no equipamento idealizado.

Ansys	Modelo Referência	Modelo Ideal
Troca de calor no domínio de ar (kW/m ²)	2,3	3,2
Troca de calor no domínio de água (kW/m ²)	65,3	74,1

Comparação – Engineering Equation Solver

	Modelo Referência	Modelo Ideal
Diâmetro externo do tubo (m)	0,015	0,03
Espessura do tubo (m)	0,003	0,001
Velocidade do ar (m/s)	2,0	3,5
Material da serpentina	Cobre	Polipropileno
Condutividade térmica (W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)	400	0,25
Temperatura de entrada da água (°C)	45	45
Temperatura de saída da água (°C)	42,02	36,64
Diferença de temperatura da água (°C)	2,98	8,36
Taxa de transferência de calor (kW)	0,503	1,275

Conclusão

Foi possível alcançar resultados favoráveis para um aumento na troca calorífica dos equipamentos assim como em suas comprovações através dos softwares computacionais. A análise paramétrica permitiu um desvio de foco para os parâmetros de maior impacto no funcionamento térmico do sistema assim como um alívio sobre os parâmetros flutuantes na análise, que não apresentam influência real no comportamento do equipamento, mas que apresentam outras possíveis vantagens, como a troca de material a fim de se focar nos aspectos de economia e sustentabilidade. O uso do polipropileno implica em um equipamento feito com matéria prima reciclável, altamente sustentável, abundante e de fácil manutenção. Os resultados finais mostram através da eficácia do trocador de calor que o equipamento se enquadra como extremamente próximo de valores ideais de troca de calor.